

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

1/1



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 07226535

(43)Date of publication of application: 22.08.1995

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01S 3/18

(21)Application number: 06037729

(71)Applicant:

OMRON CORP

(22)Date of filing: 09.02.1994

(72)Inventor:

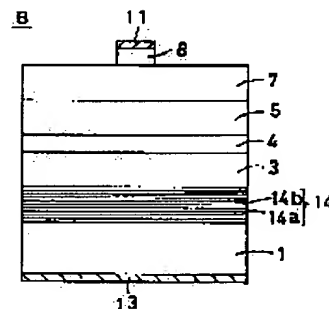
IMAMOTO HIROSHI
YANAGASE MASASHI
IMANAKA KOICHI
KIYOMOTO HIRONOBU

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT, OPTICAL DETECTING DEVICE, OPTICAL INFORMATION DETECTING DEVICE, PROJECTOR AND OPTICAL FIBER MODULE

(57)Abstract:

PURPOSE: To effectively reflect lights of various directions in a wide wavelength range, by specifying the film thickness sum value of each semiconductor layer, by using the wavelength of light emitted from a PN junction part, and the refractive index of each semiconductor layer constituting an unit semiconductor layer.

CONSTITUTION: The multilayered reflecting film layer 14 of a semiconductor light-emitting element B is formed by alternately laminating semiconductor layers 14a having a refractive index n_1 and semiconductor layers 14b having a refractive index n_2 which refractive indexes are smaller than that of an active layer 4 and that of a lower clad layer 3. The center wavelength of a light emitted from the active layer λ_0 is A The sum of film thickness of the semiconductor layers 14a having the refractive index n_1 is set smaller than $\lambda_0/(4n_1)$, and the sum of the film thickness of the semiconductor layers 14b having the refractive index n_2 is set larger than $\lambda_0/(4n_2)$. The reflection peak wavelength range is extended toward the long wavelength side and the short wavelength side, and the range can be widened. Thereby effective reflection can be realized in the range from the vertically incident light to the multilayered reflecting film layer: 14 to the obliquely incident light having an angle to the layer.



LEGAL STATUS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 2 2 6 5 3 5

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 8 月 2 2 日

(51) Int. Cl.

H01E 33/00

識別記号

A

庁内整理番号

M

F I

技術表示箇所

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 13 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平 6 - 3 7 7 2 9

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 2 月 9 日

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町 10 番地

(72) 発明者 今本 浩史

京都府京都市右京区花園土堂町 10 番地

オムロン株式会社内

(72) 発明者 柳ヶ瀬 雅司

京都府京都市右京区花園土堂町 10 番地

オムロン株式会社内

(72) 発明者 今仲 行一

京都府京都市右京区花園土堂町 10 番地

オムロン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中野 雅房

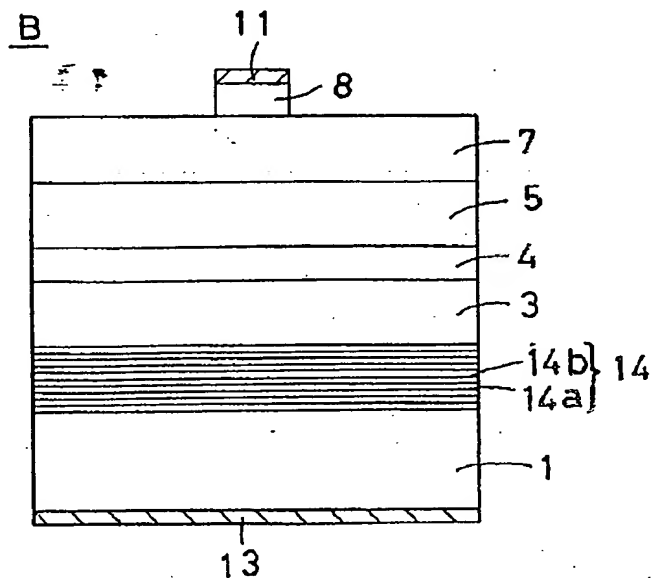
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子、光学検知装置、光学的情報検知装置、投光器及び光ファイバーモジュール

(57) 【要約】

【構成】 GaAs 基板 1 と活性層 4 の間に半導体多層反射膜層 14 を形成する。多層反射膜層 14 にあっては、屈折率 n_1 の AlAs 層 14a と屈折率 n_2 の $Al_{1-x}Ga_xAs$ ($x=0.45$) 層からなり、AlAs 層 14a の膜厚合計 50.8539 nm は $\lambda/(4n_1) = 54.2951\text{ nm}$ よりも小さく、各膜厚はばらついている。また、 $Al_{1-x}Ga_xAs$ ($x=0.45$) 層 14b の膜厚合計 50.9001 nm は膜厚 $\lambda/(4n_2) = 48.0218\text{ nm}$ よりも大きく、各膜厚はばらついている。また、両膜厚合計の和 $50.8539\text{ nm} + 50.9001\text{ nm} = 101.7540\text{ nm}$ は $\lambda/(n_1 + n_2) = 102.3170\text{ nm}$ とほぼ等しい。

【効果】 半導体多層反射膜層による反射スペクトルのワイドレンジ化を図り、反射効率を向上させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 再結合発光する機能を持つ p-n 接合部と、当該 p-n 接合部で発光した光を外部に取り出すための表面層と、屈折率が互いに異なり、かつ当該 p-n 接合部の屈折率よりも小さな 2 種の半導体層をヘテロ接合させた単位半導体層を繰り返し積層し、前記 p-n 接合部の表面層と反対側に配置した多層反射膜層とを有する半導体発光素子において、

前記 p-n 接合部での発光波長を λ とし、前記単位半導体層を構成する各半導体層の屈折率を n_1 , n_2 ($n_1 \neq n_2$) とするとき、屈折率 n_1 の半導体層の膜厚の合計が $\lambda / (4 \cdot n_1)$ よりも薄く、屈折率 n_2 の半導体層の膜厚の合計が $\lambda / (4 \cdot n_2)$ よりも厚くなっていることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 再結合発光する機能を持つ p-n 接合部と、当該 p-n 接合部で発光した光を外部に取り出すための表面層と、屈折率が互いに異なり、かつ当該 p-n 接合部の屈折率よりも小さな 2 種の半導体層をヘテロ接合させた単位半導体層を繰り返し積層し、前記 p-n 接合部の表面層と反対側に配置した多層反射膜層とを有する半導体発光素子において、

前記 p-n 接合部での発光波長を λ とし、前記単位半導体層を構成する各半導体層の屈折率を n_1 , n_2 ($n_1 \neq n_2$)、屈折率 n_1 , n_2 の半導体層の膜厚の合計をそれぞれ Dm_1 , Dm_2 とするとき、各単位半導体層の膜厚の合計 $Dm_1 + Dm_2$ が、

$$Dm_1 + Dm_2 \approx \lambda \cdot (n_1 + n_2) / (4 \cdot n_1 \cdot n_2)$$

但し、 $Dm_1 \neq \lambda / (4 \cdot n_1)$ 、 $Dm_2 \neq \lambda / (4 \cdot n_2)$

であることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 3】 再結合発光する機能を持つ p-n 接合部と、当該 p-n 接合部で発光した光を外部に取り出すための表面層と、屈折率が互いに異なり、かつ当該 p-n 接合部の屈折率よりも小さな 2 種の半導体層をヘテロ接合させた単位半導体層を繰り返し積層し、前記 p-n 接合部の表面層と反対側に配置した多層反射膜層とを有する半導体発光素子において、

前記 p-n 接合部での発光波長を λ とし、前記単位半導体層を構成する各半導体層の屈折率を n_1 , n_2 ($n_1 \neq n_2$) とするとき、屈折率 n_1 の半導体層の膜厚が $\lambda / (4 \cdot n_1)$ をほぼ中心として各単位半導体層毎にランダムに変化し、屈折率 n_2 の半導体層の膜厚が $\lambda / (4 \cdot n_2)$ をほぼ中心として各単位半導体層毎にランダムに変化していることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 4】 再結合発光する機能を持つ p-n 接合部と、当該 p-n 接合部で発光した光を外部に取り出すための表面層と、屈折率が互いに異なり、かつ当該 p-n 接合部の屈折率よりも小さな 2 種の半導体層をヘテロ接

合させた単位半導体層を繰り返し積層し、前記 p-n 接合部の表面層と反対側に配置した多層反射膜層とを有する半導体発光素子において、

前記 p-n 接合部での発光波長を λ とし、前記単位半導体層を構成する各半導体層の屈折率を n_1 , n_2 ($n_1 \neq n_2$)、屈折率 n_1 , n_2 の半導体層の膜厚の合計をそれぞれ Dm_1 , Dm_2 とするとき、各単位半導体層の膜厚の合計 $Dm_1 + Dm_2$ が、

$$Dm_1 + Dm_2 \approx \lambda \cdot (n_1 + n_2) / (4 \cdot n_1 \cdot n_2)$$

であり、かつ、屈折率 n_1 の半導体層の膜厚が $\lambda / (4 \cdot n_1)$ をほぼ中心として各単位半導体層毎にランダムに変化していることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 5】 少なくとも一方の種類の半導体層の膜厚のランダム度として、その中心波長約 $\lambda / (4 \cdot n_1)$ 又は約 $\lambda / (4 \cdot n_2)$ を中心としてその $\pm 15\%$ の範囲内で変動させるようにしたことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記 p-n 接合部をシングルヘテロ接合ないしダブルヘテロ接合としたことを特徴とする請求項 1, 2, 3, 4 又は 5 に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記 p-n 接合部を多重量子井戸構造としたことを特徴とする請求項 1, 2, 3, 4 又は 5 に記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 イオン注入もしくは拡散による電流狭窄構造を有し、発光径が $150 \mu m$ 以下であることを特徴とする請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 又は 7 に記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 前記表面層に設けた光取り出し面にも電極を形成したことを特徴とする請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 又は 8 に記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 光源として請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 又は 9 に記載の半導体発光素子を用いていることを特徴とする光学検知装置。

【請求項 11】 光源として請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 又は 9 に記載の半導体発光素子を用いていることを特徴とする光学的情報検知装置。

【請求項 12】 光源として請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 又は 9 に記載の半導体発光素子を用いていることを特徴とする投光器。

【請求項 13】 光源として請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 又は 9 に記載の半導体発光素子を用いていることを特徴とする光ファイバーモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体発光素子、光学検知装置、光学的情報検知装置、投光器及び光ファイバーモジュールに関する。具体的にいうと、光通信、または光情報処理等の分野で重要な高出力、微小発光面積の面発光型半導体発光素子に関する。さらに、当該半導体発

光素子を用いた光学検知装置、光学的情報検知装置、投光器及び光ファイバモジュールに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】図 1 は従来の半導体発光素子（発光ダイオード）A の 1 例を示す概略断面図である。この半導体発光素子 A にあっては、 n -GaAs 基板 1 の上に n -AlAs/ n -AlGaAs 半導体多層反射膜層 2、 n -AlGaInP 下クラッド層 3、 p -GaInP 活性層 4、 p -AlGaInP 第 1 上クラッド層 5、 n -AlGaAs 電流ブロック層 6、 p -AlGaAs 第 2 上クラッド層 7、 p -GaAs キャップ層 8 を順次エピタキシャル成長させた後、キャップ層 8 の中央部に孔をあけて光取り出し窓 9 を開口すると共に当該光取り出し窓 9 と対応させて第 2 上クラッド層 7 から第 1 上クラッド層 5 まで p 型不純物を拡散させて電流通路領域 10 を形成している。さらに、キャップ層 8 の上面に p 側電極 11 を形成し、 p 側電極 11 にも電流通路領域 10 と対向させて光取り出し窓 12 を開口し、GaAs 基板 1 の下面に n 側電極 13 を形成している。

【 0 0 0 3 】しかし、 p 側電極 11 と n 側電極 13 間に電圧を印加すると、電流ブロック層 6 と第 1 上クラッド層 5 との界面が逆バイアスの p - n 接合面となって電流が流れないが、電流通路領域 10 では電流ブロック層 6 の導電型が p 型に反転させられているので、電流通路領域 10 にのみ電流が流れ、活性層 4 の電流通路領域 10 と対向する領域にのみ電流が注入されて発光する。また、活性層 4 から下方へ向けて出射された光は多層反射膜層 2 によって上方へ反射され、光取り出し窓 9、12 から外部へ出射される。すなわち、この半導体発光素子 A は多層反射膜層 2 を有する電流狭窄構造の素子となっており、高出力、微小発光面積の発光素子 A が実現されている。

【 0 0 0 4 】上記のような従来の半導体発光素子 A に用いられている多層反射膜層 2（半導体反射鏡）は、活性層 4 から出射される光の発光波長 λ 、（真空波長）の 4 分の 1 波長の膜厚を有する屈折率の異なる 2 種類の半導体材料を交互に繰り返し積層した構造となっている。すなわち、屈折率 n_1 、膜厚 $\lambda/(4n_1)$ の半導体層 2a と、屈折率 n_2 、膜厚 $\lambda/(4n_2)$ の半導体層 2b とを交互に多層積層した構造となっている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような構造の多層反射膜層 2 では、反射特性の半値幅が 50 nm 程度（垂直入射の場合）と狭く、活性層 4 から出射される光成分のうち多層反射膜層 2 で上方へ反射させることのできる波長領域が狭かった。また、活性層 4 から出射された光は全て多層反射膜層 2 に垂直入射する訳でなく、活性層 4 から離れた領域では斜め入射することになる。活性層 4 から多層反射膜層 2 に斜め入射する光成分は、実効的な波長が短くなるために多層反射膜層 2

の反射ピーク波長からずれ、反射率が小さくなるという欠点があった。このため、垂直入射と共に斜め入射も考慮した場合、垂直入射光から斜め入射光まで広い波長範囲にわたって多層反射膜層 2 で効率的に反射することのできる波長領域が極めて狭く（後述のように 30 nm 程度）になっていた。これらの原因により、半導体発光素子 A から出射される光量が少なくなり、光取り出し効率を低下させていた。

【 0 0 0 6 】さらに、従来の多層反射膜層の構成では、高反射率の得られる波長領域が小さいため、発光波長と反射ピーク波長を一致させる高精度な結晶成長技術が必要であり、面内均一性の低下のために歩留りが悪化するという問題があった。

【 0 0 0 7 】また、活性層 4 から多層反射膜層 2 に向けて斜めに入射する光が効率良く反射されないため、半導体発光素子 A の上面から出る光の発光パターンにおいて光取り出し窓 9、12 の中央部で光強度が落込んで弱くなり、リング発光となっていた。

【 0 0 0 8 】本発明は叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、活性層から出射されて多層反射膜層に垂直入射及び斜め入射する各方向の光を広い波長領域にわたって効率的に反射させられるようにし、特に微小発光径の半導体発光素子の外部量子効率を高くし、また、その半導体発光素子を歩留りよく製作できるようにすることにある。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】本発明の第 1 の半導体発光素子は、再結合発光する機能を持つ p - n 接合部と、当該 p - n 接合部で発光した光を外部に取り出すための表面層と、屈折率が互いに異なり、かつ当該 p - n 接合部の屈折率よりも小さな 2 種の半導体層をヘテロ接合させた単位半導体層を繰り返し積層し、前記 p - n 接合部の表面層と反対側に配置した多層反射膜層とを有する半導体発光素子において、前記 p - n 接合部での発光波長を λ 、とし、前記単位半導体層を構成する各半導体層の屈折率を n_1 、 n_2 ($n_1 \neq n_2$) とするとき、屈折率 n_1 の半導体層の膜厚の合計が $\lambda/(4n_1)$ よりも薄く、屈折率 n_2 の半導体層の膜厚の合計が $\lambda/(4n_2)$ よりも厚くなっていることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】本発明の第 2 の半導体発光素子は、再結合発光する機能を持つ p - n 接合部と、当該 p - n 接合部で発光した光を外部に取り出すための表面層と、屈折率が互いに異なり、かつ当該 p - n 接合部の屈折率よりも小さな 2 種の半導体層をヘテロ接合させた単位半導体層を繰り返し積層し、前記 p - n 接合部の表面層と反対側に配置した多層反射膜層とを有する半導体発光素子において、前記 p - n 接合部での発光波長を λ 、とし、前記単位半導体層を構成する各半導体層の屈折率を n_1 、 n_2 ($n_1 \neq n_2$)、屈折率 n_1 、 n_2 の半導体層の膜厚の合計をそれぞれ Dm_1 、 Dm_2 とするとき、各単位半

導体層の膜厚の合計 $Dm1 + Dm2$ が、
 $Dm1 + Dm2 = \lambda, (n1 + n2) / (4n1 \cdot n2)$

但し、 $Dm1 \neq \lambda, / (4n1)$ 、 $Dm2 \neq \lambda, / (4n2)$

であることを特徴としている。

【0011】本発明の第3の半導体発光素子は、再結合発光する機能を持つ p-n 接合部と、当該 p-n 接合部で発光した光を外部に取り出すための表面層と、屈折率が互いに異なり、かつ当該 p-n 接合部の屈折率よりも小さな2種の半導体層をヘテロ接合させた単位半導体層を繰り返して積層し、前記 p-n 接合部の表面層と反対側に配置した多層反射膜層とを有する半導体発光素子において、前記 p-n 接合部での発光波長を λ とし、前記単位半導体層を構成する各半導体層の屈折率を $n1, n2$ ($n1 \neq n2$) とするとき、屈折率 $n1$ の半導体層の膜厚が $\lambda, / (4 \cdot n1)$ をほぼ中心として各単位半導体層毎にランダムに変化し、屈折率 $n2$ の半導体層の膜厚が $\lambda, / (4 \cdot n2)$ をほぼ中心として各単位半導体層毎にランダムに変化していることを特徴としている。

【0012】本発明の第4の半導体発光素子は、再結合発光する機能を持つ p-n 接合部と、当該 p-n 接合部で発光した光を外部に取り出すための表面層と、屈折率が互いに異なり、かつ当該 p-n 接合部の屈折率よりも小さな2種の半導体層をヘテロ接合させた単位半導体層を繰り返して積層し、前記 p-n 接合部の表面層と反対側に配置した多層反射膜層とを有する半導体発光素子において、前記 p-n 接合部での発光波長を λ とし、前記単位半導体層を構成する各半導体層の屈折率を $n1, n2$ ($n1 \neq n2$)、屈折率 $n1, n2$ の半導体層の膜厚の合計をそれぞれ $Dm1, Dm2$ とするとき、各単位半導体層の膜厚の合計 $Dm1 + Dm2$ が、
 $Dm1 + Dm2 = \lambda, (n1 + n2) / (4n1 \cdot n2)$

であり、かつ、屈折率 $n1$ の半導体層の膜厚が $\lambda, / (4 \cdot n1)$ をほぼ中心として各単位半導体層毎にランダムに変化していることを特徴としている。

【0013】また、上記第3及び第4の半導体発光素子においては、少なくとも一方の種類の半導体層の膜厚のランダム度として、その中心波長約 $\lambda, / (4 \cdot n1)$ 又は約 $\lambda, / (4 \cdot n2)$ を中心としてその $\pm 15\%$ の範囲内で変動させるとよい。

【0014】また、上記各半導体発光素子にあっては、前記 p-n 接合部をシングルヘテロ接合ないしダブルヘテロ接合としてもよく、多重量子井戸構造としてもよい。さらに、イオン注入もしくは拡散による電流狭窄構造を有して、発光径が $150 \mu m$ 以下となっており、また、前記表面層に設けた光取り出し面にも電極を形成してもよい。

【0015】また、上記各半導体発光素子は、光学検知

装置や光学的情報検知装置、投光器、光ファイバモジュールの光源として用いることができる。

【0016】

【作用】本発明の第1の半導体発光素子にあっては、屈折率 $n1$ の半導体層の膜厚の合計を $\lambda, / (4n1)$ よりも薄くしているため、多層反射膜における反射ピーク波長を短波長側へ拡張することができ、屈折率 $n2$ の半導体層の膜厚の合計を $\lambda, / (4n2)$ よりも厚くしているため、多層反射膜における反射ピーク波長を長波長側へ拡張することができる。この結果、多層反射膜層における反射ピーク波長領域を長波長側及び短波長側へ拡張してワイドレンジ化を図ることができ、多層反射膜層に垂直入射した光から角度を持って斜め入射した光まで効率的に反射させることのできる波長領域を広くすることができる。

【0017】同様に、本発明の第2の半導体発光素子においても、屈折率 $n1, n2$ の半導体層の膜厚の合計をそれぞれ $\lambda, / (4n1)$ 、 $\lambda, / (4n2)$ から膜厚の薄い側又は厚い側の一方もしくは両側へ偏らせているため、多層反射膜層における反射ピーク波長領域を長波長側及び短波長側へ拡張してワイドレンジ化を図ることができ、多層反射膜層に垂直入射した光から角度を持って斜め入射した光まで効率的に反射させることのできる波長領域を広くすることができる。加えて、屈折率 $n1, n2$ の半導体層の膜厚の合計 $Dm1 + Dm2$ をほぼ $\lambda, / (4n1) + \lambda, / (4n2) = \lambda, (n1 + n2) / (4n1 \cdot n2)$

に等しくしているため、反射ピーク波長領域の中心波長を p-n 接合部での発光波長 λ とほぼ一致させることができる。

【0018】同様に、本発明の第3及び第4の半導体発光素子にあっては、多層反射膜層における反射ピーク波長領域を長波長側及び短波長側へ拡張してワイドレンジ化を図ることができ、多層反射膜層に垂直入射した光から角度を持って斜め入射した光まで効率的に反射させることのできる波長領域を広くすることができる。さらに、第3及び第4の半導体発光素子にあっては、各単位半導体層毎にその膜厚をランダムに変化させているため、反射特性をその反射ピーク波長領域で滑らかな特性の曲線とすることができる。このランダム度としては、各中心波長を中心としてその $\pm 15\%$ の範囲内で変動させるのが特に好ましかった。

【0019】

【発明の効果】本発明によれば、多層反射膜層に垂直入射及び斜め入射する光を高効率で反射させることのできる波長領域を広くすることができるので、p-n 接合部から出射した光を多層反射膜層で反射させて表面層から効率的に出射させることができ、半導体発光素子の光取り出し効率を向上させることができる。

【0020】また、p-n 接合部から多層反射膜層に向

7

けて斜めに入射する光を効率良く反射させることができるので、表面層から出る光の発光パターンにおいて発光部中央での光強度の落込みをなくし、均一な発光パターンを得ることができる。

【0021】また、この多層反射膜層によれば、高反射率を得ることができる波長領域が広いので、発光波長と反射ピーク波長を一致させる高精度な結晶成長技術が不要となり、面内均一性や歩留りの改善に効果がある。

【0022】特に、このような構造の半導体発光素子は、電流狭窄構造を用いた微小発光径の素子、さらに光取り出し窓にも電極を設けた電極橋渡し構造の素子等において有効に用いることができ、微小発光面積ながら高効率、発光部中央付近においても光出力の落込みがなく、均一な発光パターンを有する高い外部量子効率の半導体発光素子を製作することができる。

【0023】

【実施例】図2は本発明の一実施例による半導体発光素子Bを示す概略断面図である。この半導体発光素子Bの構造を製造方法と共に説明すると、まず、 n -GaAs基板1の上に n -AlAs/AlGaAs半導体多層反射膜層14、膜厚 $0.5\mu\text{m}$ の n -AlGaInP下クラッド層3、膜厚 $1\mu\text{m}$ の p -GaInP活性層4、膜厚 $0.5\mu\text{m}$ の p -AlGaInP第1上クラッド層5、膜厚 $2\mu\text{m}$ の p -AlGaAs第2上クラッド層7を順次エピタキシャル成長させ、さらにその上に p -GaAsキャップ層8を $0.2\mu\text{m}$ の膜厚に成長させる。ついで、キャップ層8の上に形成したフォトレジスト膜（図示せず）の中央に窓を開口し、フォトレジスト膜の上から電極金属を蒸着させ、フォトレジスト膜をキャッ

8

プ層8の上から剥離させることにより、リフトオフ法でキャップ層8の上面中央部に p 側電極11を形成し、 p 側電極11外側のキャップ層8をエッチング除去し、 p 側電極11の下にのみキャップ層8を残す。一方、GaAs基板1の下面には n 側電極13を形成し、図2のような構造の半導体発光素子Bが作製される。

【0024】しかして、このような構造の半導体発光素子Bにあつては、上面中央部の p 側電極11から活性層4へ電流が注入されて発光するので、活性層4で発光して上方へ出射した光は p 側電極11以外の領域から外部へ出射され、面発光型の半導体発光素子Bとなる。

【0025】また、活性層4から下方へ向けて出射された光は多層反射膜層14によって上方へ反射され、第2上クラッド層7から外部へ出射される。この多層反射膜層14は、活性層4及び下クラッド層3の屈折率よりも小さな屈折率 n_1 、 n_2 の2種の半導体層、すなわち屈折率 $n_1=3.085$ のAlAs層14aと屈折率 $n_2=3.488$ の $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ ($x=0.45$)層14bを交互に50層ずつ積層した構造となっている。この2種の半導体層14a、14bは1層ずつ重なって1つの単位半導体層を構成しており、この単位半導体層が繰り返し50ペア積層されて多層反射膜層14が構成されている。表1は当該多層反射膜層14を構成する各半導体層14a、14bの膜厚を示しており、活性層4から出射される光の中心波長を $\lambda_c=670\text{nm}$ （真空波長）としている。

【0026】

【表1】

半導体層	A l A s 層の膜厚 (nm)	A l G a A s 層の膜厚 (nm)
第 1 層	1.0967	0.9304
2	0.9518	0.9962
3	0.9653	0.9769
4	0.9207	0.9613
5	0.8909	0.9939
第 6 層	0.9974	0.9510
7	0.9496	0.9706
8	0.9097	0.9418
9	0.8950	0.9869
10	1.0035	0.9809
第 11 層	0.9615	0.9615
12	1.0403	0.9405
13	0.9702	0.9675
14	0.9607	0.9526
15	0.9740	0.9604
第 16 層	1.0299	0.8649
17	1.0564	0.9000
18	0.9503	0.9971
19	0.8943	1.0424
20	0.9006	0.9066
第 21 層	0.9348	1.0176
22	0.9945	1.1917
23	1.3184	1.5304
24	1.4506	1.2302
25	1.1518	1.0643
第 26 ~ 50 層	1.0274	1.0273
各膜厚の和	(Dm1=) 50.8539	(Dm2=) 50.9001
総 膜 厚	50.8539 + 50.9001 = 101.7540	

【0027】この多層反射膜層 14 にあっては、屈折率 n_1 の半導体層 14a の膜厚合計 50.8539 nm は 4 分の 1 波長に当る膜厚 $\lambda / (4 \cdot n_1) = 54.2951 \text{ nm}$ よりも小さく、各膜厚はその平均膜厚 $50.8539 \text{ nm} \div 50 = 1.0171 \text{ nm}$ の上下にばらついている。また、屈折率 n_2 の半導体層 14b の膜厚合計 50.9001 nm は 4 分の 1 波長に当る膜厚 $\lambda / (4 \cdot n_2) = 48.0218 \text{ nm}$ よりも大きく、各膜厚はその平均膜厚 $48.0218 \text{ nm} \div 50 = 0.9604 \text{ nm}$ の上下にばらついている。また、両膜厚合計の和 $50.8539 \text{ nm} + 50.9001 \text{ nm} = 101.7540 \text{ nm}$ は $\lambda \cdot (n_1 + n_2) / (4 \cdot n_1 \cdot n_2) = 102.3170 \text{ nm}$ とほぼ等しくなっている。

【0028】図 3 は表 1 のような膜厚構成の多層反射膜層 14 による反射特性を示す図であって、実線は多層反射膜層 14 に垂直入射（入射角 0° ）する光の反射スペクトル、一点鎖線は多層反射膜層 14 に 15° の入

射角で斜め入射する光の反射スペクトルを示す図である。図 3 から分かるように、この多層反射膜層 14 では、入射角 0° と 15° の両方に対して 90% 以上の反射率が得られる波長域は約 60 nm の幅となっている。これに対し、図 4 は均一な膜厚 $\lambda / (4 \cdot n_1)$ の半導体層と均一な膜厚 $\lambda / (4 \cdot n_2)$ の半導体層とを 50 ペアずつ交互に積層した多層反射膜層 2 による反射特性を示す図であって、実線は多層反射膜層 2 に垂直入射（入射角 0° ）する光の反射スペクトル、一点鎖線は多層反射膜層 2 に 15° の入射角で斜め入射する光の反射スペクトルを示す図である。図 4 から分かるように、この多層反射膜層 2 では、入射角 0° と 15° の両方に対して 90% 以上の反射率が得られる波長域は約 30 nm の幅となっている。このように、多層反射膜層 14 の膜厚を変えることによって高反射率の波長領域を拡大させることができ、半導体発光素子 B の光出力を従来よりも向上させることができる。

【 0 0 2 9 】なお、表 1 の数値例では、各半導体層の厚みのバラツキの程度は、それぞれ膜厚 $\lambda_1 / (4 \cdot n_1)$ 、 $\lambda_2 / (4 \cdot n_2)$ の 15 % 以上の範囲にわたって変化させているが、15 % 以内にすることにより良好な結果を得ることができる。

【 0 0 3 0 】また、具体的な数値例は示さないが、上記実施例以外にも同様な効果を得ることができる種々の多層反射膜層 1 4 の構成を挙げることができる。例えば、①両半導体層の膜厚をほぼ均一にしたままで、かつ、一方の半導体層（屈折率 n_1 ）の膜厚合計を発光波長の 4 分の 1 波長 $\lambda_1 / (4 n_1)$ よりも薄くし、他方の半導体層（屈折率 n_2 ）の膜厚合計を発光波長の 4 分の 1 波長 $\lambda_2 / (4 n_2)$ よりも厚くしたもの、②①の構成に加えて、両半導体層の膜厚合計を発光波長の各 4 分の 1 波長分の厚みの和とほぼ等しくしたもの、③①の構成に加えて各半導体層の個々の膜厚を均一にせず、膜厚 $\lambda_1 / (4 \cdot n_1)$ 又は $\lambda_2 / (4 \cdot n_2)$ を中心として片側又は両側にランダムに分散させたもの、などでもよい。また、この実施例ではダブルヘテロ構造の半導体発光素子を示したが、シングルヘテロ構造の半導体発光素子であってもよい。

【 0 0 3 1 】図 5 に示すものは本発明の別な実施例による電流狭窄構造の半導体発光素子 C の構成を示す概略断面図である。この半導体発光素子 C は、第 1 実施例の半導体発光素子 B と同様、 n -GaAs 基板 1 の上に n -AlAs / AlGaAs 半導体多層反射膜層 1 4、膜厚 $0.5 \mu\text{m}$ の n -AlGaInP 下クラッド層 3、膜厚 $1 \mu\text{m}$ の p -GaInP 活性層 4、膜厚 $0.5 \mu\text{m}$ の p -AlGaInP 第 1 上クラッド層 5、膜厚 $1 \mu\text{m}$ の p -AlGaAs 第 2 上クラッド層 7、膜厚 $0.2 \mu\text{m}$ の p -GaAs キャップ層 8 を順次エピタキシャル成長させている。ついで、発光領域となる領域を除いてキャップ層 8 から n 型イオンをイオン注入して第 1 上クラッド層 5 と第 2 上クラッド層 7 の間に反転層 1 5 を形成する。これによって反転層 1 5 と第 2 上クラッド層 7 との間に逆バイアスの p - n 接合面が形成され、反転層 1 5 の形成されていない中央部が電流通路領域 1 6 となる。ついで、キャップ層 8 の上面中央に光取り出し窓 1 2 を形成するようにリフトオフ法でキャップ層 8 の上に p 側電極 1 1 を形成し、 p 側電極 1 1 をマスクとしてキャップ層 8 の中央部をエッチング除去して光取り出し窓 9 を開口する。一方、GaAs 基板 1 の下面には n 側電極 1 3 を形成し、図 5 のような構造の半導体発光素子 C を作製する。

【 0 0 3 2 】しかし、このような構造の半導体発光素子 C にあっては、 p 側電極 1 1 が正電位となるように電圧を印加した場合、反転層 1 5 と第 2 上クラッド層 7 の p - n 接合面では逆バイアスとなって電流が流れず、中央部の電流通路領域 1 6 のみを通して活性層 4 へ電流が注入されて発光する。そして、活性層 4 から上方へ出射

された光は電流通路領域 1 6 を通って光取り出し窓 9、1 2 から外部へ出射され、活性層 4 から下方へ出射された光は多層反射膜層 1 4 で反射されて光取り出し窓 9、1 2 から外部へ取り出される。すなわち、電流狭窄構造により微小発光径の半導体発光素子 C が実現されている。しかも、活性層 4 から斜め方向へ出射された光も多層反射膜層 1 4 によって反射されるので、発光パターンの均一化が図れる。

【 0 0 3 3 】図 5 の実施例では、イオン注入によって電流阻止のための反転層を形成したが、不純物拡散によって電流阻止のための反転層を形成して電流狭窄構造を実現してもよい。また、図 1 に示した従来例と同様にし、イオン注入もしくはイオン拡散によって電流通路領域を形成することによって電流狭窄構造を実現してもよい。

【 0 0 3 4 】図 6 (a) に示すものは本発明のさらに別な実施例による半導体発光素子 D の p 側電極 1 1 のパターンを示す概略平面図である。この実施例にあっては、電流狭窄構造によって形成された電流通路領域と対向させてチップ上面に光取り出し窓 1 7 を形成し、光取り出し窓 1 7 の上面にも p 側電極 1 1 を形成したものである。すなわち、 p 側電極 1 1 は光取り出し窓 1 7 の周囲の電極部分 1 1 a と共に光取り出し窓 1 7 内に平行に橋渡しされた複数本の電極パターンからなる電極部分 1 1 b とから形成されている。

【 0 0 3 5 】しかし、 p 側電極 1 1 から活性層 4 へ注入される電流は、光取り出し窓 1 7 の外側の電極部分 1 1 a の内周縁だけでなく、光取り出し窓 1 7 内の電極部分 1 7 b から活性層 4 へ注入されるので、光取り出し窓 1 7 の中央部における光出力の落ち込みをなくすることができ、半導体発光素子 D の発光効率を向上させることができる。

【 0 0 3 6 】図 6 (b) (c) (d) に示すものは p 側電極 1 1 の電極パターンの他例を示す図であって、図 6 (b) は周囲の電極部分 1 1 a の内周から光取り出し窓 1 7 内に電極パターンを突出させるようにして電極部分 1 1 b を設けたものである。図 6 (c) は井ゲタ状の電極パターンによって電極部分 1 1 b を形成したものである。図 6 (d) は環状の電極パターンと直線状の電極パターンとを組合せて電極部分 1 1 b を形成したものである。これらのパターンからなる電極部分 1 1 b によっても図 6 (a) の半導体発光素子と同様な効果を得ることができる。

【 0 0 3 7 】また、半導体発光素子としては、単一量子井戸構造や多重量子井戸構造の量子井戸レーザー等の半導体発光素子の研究開発が進められている（例えば、応用物理学会編「半導体レーザーの基礎」第 7 章（オーム社発行））が、このような量子井戸構造の半導体発光素子にも上記のような多層反射膜層を用いることができる。

【 0 0 3 8 】さらに、本発明は発光ダイオードに限らず、表面出射型の半導体レーザ素子にも適用することができる。

【 0 0 3 9 】また、微小な発光領域を有する本発明による半導体発光素子を光学検知装置、光学的情報処理装置、投光器などに応用した場合、そのコリメート性の良さ、集光性の良さ等から、機器の性能（例えば、分解能）を飛躍的に向上させることができる。以下、上記半導体発光素子を用いた応用例について説明する。

【 0 0 4 0 】図 7 (a) (b) (c) に示す投光器（発光装置）E について説明する。この投光器 E は、本発明の半導体発光素子 6 1 を一方のリードフレーム 6 2 の上にダイボンディングすると共に他方のリードフレーム 6 3 にワイヤボンディングした状態で透明エポキシ樹脂等の封止樹脂 6 4 で所定形状に低圧注型して封止し、全体として角ブロック状の外形に構成されている。封止樹脂 6 4 の表面には多数の環状レンズ単位を同心状に配列したフレネル型平板状レンズ 6 5 が一体形成されると共に、表面の両側にはフレネル型平板状レンズ 6 5 と同じ高さ、あるいはフレネル型平板状レンズ 6 5 よりもやや

高いアゴ部 6 6 を突設してあり、アゴ部 6 6 によってフレネル型平板状レンズ 6 5 を保護している。

【 0 0 4 1 】この投光器 E の場合、半導体発光素子 6 1 は、高い発光効率で、しかも微小な発光領域を有するものであるから、フレネル型平板状レンズ 6 5 により光の指向特性が狭小化し、出力が強く、かつ細いビームが長距離においても得られる。例えば、フレネル型平板状レンズ 6 5 を焦点距離 $f = 4.5 \text{ mm}$ 、レンズ直径 3.5 mm とし、半導体発光素子 6 1 の光取り出し窓を直径 $20 \mu\text{m}$ にしたとき、 1 m の距離におけるビーム径は直径 4 mm 程度である。しかるに、従来より用いられている通常の発光ダイオード（すなわち、その光の出射面積が $400 \mu\text{m}$ 角程度のもの）では、直径 70 mm 程度まで広がってしまうので、本発明による半導体発光素子 6 1 を用いて投光器 F を作製することにより大きなメリットが得られる。

【 0 0 4 2 】また、従来より用いられている投光器 F としては、図 8 に示すような構造のものがある。これは、ステム 7 1 から突出したヒートシンク 7 2 に半導体レーザ素子 7 3 及びフレネル型平板状レンズ 7 4 を取り付け、これらを金属キャップ 7 5 で覆ったキャンシール型のものであるが、このような従来の投光器 F と比較して本発明の投光器 E は構造が大幅に簡略化されており、コスト及び嵩体積の低減を図ることができる。

【 0 0 4 3 】なお、ここでは投光ビームとして指向性の狭い平行光線を出射するものについて説明したが、フレネル型平板状レンズ 6 5 のパラメータを変えることにより、集光ビームや偏向ビームなどの投光器にも適用できることは自明である。

【 0 0 4 4 】図 9 に示すものは、スクリーンなどの上の

映像等の位置を指示するためのハンディタイプのポインタ（投光器）G である。このポインタ G は、本発明による発光ダイオード（LED）8 1、コリメート用の投光レンズ 8 2、動作回路 8 3 及びバッテリー 8 4 からなっており、半導体発光素子 8 1 から出射された光は投光レンズ 8 2 でコリメートされた後、スクリーン上に投射され、光スポットにより指示箇所を示す。

【 0 0 4 5 】現在使用されているポインタは、半導体レーザ素子を用いたものがほとんどであるが、レーザ光を用いているため、出射レーザ光が周囲の人の目に入ると有害である。この危険性のため、レーザ規制等の問題が起こっている。したがって、このような問題を解決するため、発光ダイオードを用いた LED ポインタなどが考えられている。しかし、従来の面発光型 LED（発光径 $400 \mu\text{m}$ ）を用い、焦点距離 $f = 10 \text{ mm}$ 、レンズ径 4 mm の投光レンズでコリメートした LED ポインタの場合、 5 m 先のスクリーン上でのビーム径は 200 mm と大きく広がってしまい、ほとんど見えなくなってしまう。

【 0 0 4 6 】これに対し、本発明による LED 8 1 を用いたポインタ H の場合には、発光径 $10 \mu\text{m}$ の LED 8 1 と、焦点距離 $f = 10 \text{ mm}$ 、レンズ径 4 mm の同様な投光レンズ 8 2 を用いた場合、 5 m 先のスクリーン上でもビーム径は 5 mm と小さく、見易いものとなる。したがって、本発明の LED 8 1 で光出力や指向性を向上させることにより、安全で見易いポインタ G を製作することができる。

【 0 0 4 7 】図 10 (a) に示すものは本発明による半導体発光素子 9 5 を用いた透過型光学式ロータリーエンコーダ H を示す斜視図である。このロータリーエンコーダ H は、回転軸 9 1 に取り付けられた回転板 9 2、回転板 9 2 の外周部に対向した固定板 9 3、回転板 9 2 及び固定板 9 3 を挟んで対向させられた投光レンズ 9 4 と本発明による半導体発光素子 9 5 及び受光素子 9 6 から構成されている。回転板 9 2 の外周部には全周にわたって 1 mm の間隔のスリット 9 7 が穿孔されており、固定板 9 3 にも 1 mm の間隔でトラック A スリット 9 8 及びトラック B スリット 9 9 が穿孔されている。

【 0 0 4 8 】しかして、半導体発光素子 9 5 から出射された光は、投光レンズ 9 4 でコリメートされた後、固定板 9 3 のスリット 9 8、9 9 で分割され、回転板 9 2 のスリット 9 7 を通り、受光素子 9 6 で検知される。固定板 9 3 のトラック A スリット 9 8 とトラック B スリット 9 9 は電気位相角を 90° ずらしてあり、A 相信号・B 相信号が共にオン（受光状態）になるときをスケールの 1 単位（1 スリット）と数えることによりスケールを読むものである。また、図 10 (b) に示すように A 相からオンになるか、あるいは B 相からオンになるかで回転方向を判別できるようになっている。

【 0 0 4 9 】このロータリーエンコーダにおいて、例え

ば、従来の面発光型半導体発光素子（発光径 $400\mu\text{m}$ ）を用い、焦点距離 $f = 10\text{mm}$ 、レンズ径 4mm の投光レンズでコリメートしたとすると、そのコリメート性の悪さによって回転板上のビーム径は、固定板のスリット幅 + 約 $40\mu\text{m}$ に広がってしまう。したがって、 600DPI （ $40\mu\text{m}$ ピッチ）以上のスケールではスリット幅以上にビームが広がることとなり、スケールを読み取ることができず、高分解能化が不可能である。

【0050】これに対し、本発明による半導体発光素子 95 を用いたロータリーエンコーダ H では、半導体発光素子 95 の発光径を $10\mu\text{m}$ 以下に微小発光径化できるので、焦点距離 $f = 10\text{mm}$ 、レンズ径 4mm の同様な投光レンズ 94 を用いてコリメートしたとしても、回転板 92 上のビーム径は、固定板 93 のスリット幅 + 約 $0.5\mu\text{m}$ にビームの広がりを抑えることができる。したがって、高分解能化が可能であり、 600DPI （ $40\mu\text{m}$ ピッチ）以上のスケールを読み取ることも可能になる。よって、本発明による半導体発光素子 95 をロータリーエンコーダ H に用いることにより、特別な光学系を用いることなく、ロータリーエンコーダ H の分解能を向上させることができる。

【0051】なお、上記実施例では、ロータリーエンコーダを説明したが、リニアエンコーダにおいて本発明による半導体発光素子を用いることによっても同様な効果を得ることができる。

【0052】図 11 は本発明による半導体発光素子 101 を用いた光学式距離センサ J の構成を示す説明図である。この距離センサ J は、本発明による半導体発光素子 101 及びコリメートレンズ 102 からなる投光部と、受光レンズ 103 及び位置検出素子 104 からなる受光部とから構成されている。

【0053】また、図 10 は当該距離センサ J によって対象物 105 が有する凹凸の段差 d を計測する場合を表わしている。半導体発光素子 101 から出射された光はコリメートレンズ 102 で平行光化された後、対象物 105 上に照射されてビームスポット SP_1 、 SP_2 を生成し、それぞれビームスポット SP_1 、 SP_2 の反射像を位置検出素子 104 上に結像させる。これらの結像位置は、位置検出素子 104 の信号線 106、107 で得た信号比をもって検出でき、その位置ずれ量より三角測量の原理を用いて段差 d が算出される。

【0054】本発明による半導体発光素子 101 は、高出力で、かつ発光領域が制限されていて微小発光窓を有するものである。このような距離センサ J に本発明による半導体発光素子 101 を用いれば、長距離検出が可能で、しかもビームスポット径が小さく、分解能を向上させることができる。

【0055】図 12 は上記距離センサ J による段差 d の測定結果を示している。これは距離センサ J から 10cm だけ離れた位置に高さが 2mm と 5mm の凸部及び 2

mm と 5mm の凹部を有する対象物を位置させた場合の測定結果であり、段差 d に応じた特性曲線 108 が得られている。なお、特性曲線 108 において、イは 2mm の凸部、ロは 5mm の凸部、ハは 5mm の凹部、ニは 2mm の凹部に対応する箇所である。

【0056】図 13 は本発明による半導体レーザ素子 111 を用いたレーザビームプリンタ K を示す斜視図である。これは、半導体レーザ素子 111、投光側コリメートレンズ 112、回転多面鏡（ポリゴンミラー）113、回転多面鏡 113 を一定方向に一定速度で回転させるスキャナモータ 114、スキャナコントローラ 115、集光レンズ 116、感光体ドラム 117、水平同期用受光センサ 118 などから構成されている。

【0057】しかして、半導体レーザ素子 111 から出射された光は投光側コリメートレンズ 112 を通ってコリメート光となり、回転多面鏡 113 で反射されると共に水平方向にスキャンされ、集光レンズ 116 で感光体ドラム 117 上に集光され、感光体ドラム 117 上に潜像を生じさせる。

【0058】このようなレーザビームプリンタにおいて、例えば面発光型の従来の LED（発光径 $400\mu\text{m}$ ）を用い、焦点距離 $f = 15\text{mm}$ の集光レンズで 150mm 先の感光体ドラム上に集光したとすると、その集光性の悪さのため、感光体ドラム上でのビーム径は 4.8mm と大きくなり、 400DPI の印字密度仕様を満足できなかった。

【0059】これに対し、本発明による半導体レーザ素子 111 を用いたレーザビームプリンタ K にあっては、その発光径を $5\mu\text{m}$ 程度に微小化できるので、同一条件で集光させた場合でもビーム径を $60\mu\text{m}$ 以下に絞ることができ、 400DPI の仕様を十分に満足することができる。

【0060】図 14 (a) は本発明による半導体発光素子 121 を用いたバーコードリーダ L を示す斜視図である。このバーコードリーダ L は、半導体発光素子 121、投光側集光レンズ 122、回転多面鏡 123、回転多面鏡 123 を一定方向に一定速度で回転させるスキャナモータ 124、等速走査レンズ 125、受光側集光レンズ 126、受光素子 127 から構成されている。

【0061】しかして、半導体発光素子 121 から出射された光は投光側集光レンズ 122 を通り、回転多面鏡 123 で反射されると共に水平方向にスキャンされ、等速走査レンズ 125 で等速化された後、バーコード 128 上で集光され、バーコード 128 上を走査される。さらに、バーコード 128 からの反射光は、受光側集光レンズ 126 により受光素子 127 上に集光されて検知され、バーコード信号 BS が得られる。このバーコードリーダ L においては、等速走査レンズ 125 により光ビームの走査速度が等速化されているので、横軸に時間を取り、縦軸に検知信号（バーコード信号 BS）をとると、

10

20

30

40

50

図 1 3 (b) に示すようにバーコード 1 2 8 に応じた信号 B S が得られる。

【 0 0 6 2 】 このようなバーコードリーダにおいて、例えば面発光型の従来の L E D (発光径 4 0 0 μ m) を用い、焦点距離 $f = 1 5$ mm の集光レンズで 2 5 0 mm 先のバーコード上に集光したとすると、その集光性の悪さのため、バーコード上でのビーム径は約 6 . 7 mm 以上に大きくなり、ハーコード (一般的に、最小線幅は 0 . 2 mm) は到底読み取ることができない。

【 0 0 6 3 】 これに対し、本発明による半導体発光素子 1 2 1 を用いたバーコードリーダにおいては、その発光径を 1 0 μ m 以下に微小発光径化できるので、同一条件で集光させた場合でもバーコード 1 2 8 上のビーム径をバーコード 1 2 8 の最小線幅以下 (0 . 2 mm 弱) まで絞ることができ、バーコード 1 2 8 を読み取ることができ。

【 0 0 6 4 】 図 1 5 (a) ~ (g) は、それぞれ、本発明による半導体発光素子 1 3 1 と光ファイバ 1 3 2 とからなる光ファイバモジュール M 1 ~ M 7 を示す概略図である。図 1 5 (a) は、半導体発光素子 1 3 1 の発光領域に光ファイバ 1 3 2 の端面を対向させ、半導体発光素子 1 3 1 から出射された光が光ファイバ 1 3 2 の端面からコア内に入射し、光ファイバ 1 3 2 内を伝送されるようになった直接結合方式の光ファイバモジュール M 1 である。また、図 1 5 (b) は、半導体発光素子 1 3 1 と光ファイバ 1 3 2 の端面とを近接させ、半導体発光素子 1 3 1 と光ファイバ 1 3 2 の端面との間に光学樹脂 1 3 3 を充填した直接結合方式の光ファイバモジュール M 2 である。また、図 1 5 (c) (d) (e) は、半導体発光素子 1 3 1 と光ファイバ 1 3 2 の端面との間に集束用光学系を置き、半導体発光素子 1 3 1 から出た光が集束用光学系で集束させられて光ファイバ 1 3 2 内に効率的に入射するようにした個別レンズ結合方式の光ファイバモジュール M 3 ~ M 5 であって、集束用光学系として図 1 5 (c) の光ファイバモジュール M 3 では集束用ロッドレンズ 1 3 4 を用い、図 1 5 (d) の光ファイバモジュール M 4 では樹脂 1 3 5 で固定された球レンズ 1 3 6 を用い、図 1 5 (e) の光ファイバモジュール M 5 では集束用ロッドレンズ 1 3 4 及び球レンズ 1 3 6 を用いている。また、図 1 5 (f) (g) の光ファイバモジュール M 6、M 7 は、先端にレンズ機能をもつ球状部 1 3 7 を設けた光ファイバ (先端球ファイバ) 1 3 2 を半導体発光素子 1 3 1 に対向させたファイバレンズ結合方式のものである。

【 0 0 6 5 】 このような光ファイバモジュールにおいては、半導体発光素子と光ファイバとの結合効率は、半導体発光素子の発光径に強く依存している。図 1 6 は直接結合方式及びレンズ結合方式の数種の光ファイバモジュールにおける結合効率の理論限界値 α を示す図である (光学図書「光通信素子工学」米津宏雄 著) 。 この図

に表わされているように、半導体発光素子の発光径 D、が小さければ小さいほど、結合効率が高くなることが一般に知られている。したがって、光ファイバモジュールの結合効率を高くするためには、半導体発光素子の発光径を小さくすることが非常に有効である。

【 0 0 6 6 】 しかし、従来の L E D 等の半導体発光素子では、発光径を小さくすると素子抵抗が上昇し、発熱が激しくなって大きな光出力が得られなかった。

【 0 0 6 7 】 これに対し、本発明による微小発光径の半導体発光素子 (特に、L E D) 1 3 1 では、発光径を小さくしていても素子抵抗の上昇を低く抑えることができるので、光出力の低下を小さくすることができる。したがって、光出力の低下を招くことなく高い結合効率を得ることが可能になる。特に、本発明の半導体発光素子 1 3 1 は、活性層 4 6 に A l G a I n P 系の材料を用いているため、プラスチックファイバの伝送損失が最小となる 6 6 0 nm あたりでも高い発光効率を得ることができ、プラスチックファイバを用いた光ファイバ通信システムにおいて低損失で S N 比の高いシステムを構成することができる。

【 0 0 6 8 】 図 1 7 (a) は本発明による半導体発光素子 1 4 1 を用いた光ファイバ型センサ N を示す概略図である。この光ファイバ型センサ N は、半導体発光素子 1 4 1、投光用光ファイバ 1 4 2、受光用光ファイバ 1 4 3、受光素子 1 4 4 及び処理回路 1 4 5 より構成されている。

【 0 0 6 9 】 しかし、半導体発光素子 1 4 1 から出射された光は投光用光ファイバ 1 4 2 内を低損失で送られ、光ファイバ 1 4 2 の端面から対象物 1 4 6 に向けて出射される。対象物 1 4 6 で反射された光は受光用光ファイバ 1 4 3 内に入射し、受光素子 1 4 4 で検知される。こうして受光素子 1 4 4 で検知される受光信号の出力は、投受光用光ファイバ 1 4 2、1 4 3 の端面と対象物 1 4 6 との距離 S によって図 1 7 (b) のように変化する。受光出力から対象物 1 4 6 までの距離 S を知ることができる。このようなセンサにおいては、受光信号が検出可能なレベルまで低下したときの距離が検出可能距離となる。したがって、本発明による半導体発光素子 1 4 1 を用いると、微小発光径の光を出射することができるので、投光用光ファイバ 1 4 2 との結合効率が高くなり、投光用光ファイバ 1 4 2 内に入射する光を増加させ、検知物 1 4 5 までの距離 S を長くとっても十分な検知信号を得ることができ、検出可能距離を長くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の半導体発光素子の構造を示す概略断面図である。

【図 2】本発明の一実施例による半導体発光素子の構造を示す概略断面図である。

【図 3】同上の実施例による反射スペクトルを示す図で

ある。

【図 4】従来の半導体発光素子における反射スペクトルを示す図である。

【図 5】本発明の別な実施例による半導体発光素子の構造を示す概略断面図である。

【図 6】(a) (b) (c) (d) は光取り出し窓の種々のパターンを示す図である。

【図 7】(a) (b) (c) は本発明による半導体発光素子を用いた投光器を示す斜視図、水平断面図及び側断面図である。

【図 8】従来の投光器を示す一部破断した斜視図である。

【図 9】本発明による半導体発光素子を用いたポインタを示す断面図である。

【図 10】(a) は本発明による半導体発光素子を用いたロータリーエンコーダを示す斜視図、(b) は当該エンコーダの A 相信号と B 相信号を示す波形図である。

【図 11】本発明による半導体発光素子を用いた距離センサの構成を示す概略図である。

【図 12】同上の距離センサによる測定結果の一例を示す図である。

【図 13】本発明による半導体発光素子を用いたレーザービームプリンタを示す斜視図である。

【図 14】(a) は本発明による半導体発光素子を用いたバーコードリーダを示す斜視図、(b) はバーコードリーダによる検知信号を示す図である。

【図 15】(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) は、それぞれ、本発明による各種光ファイバモジュールを示す概略図である。

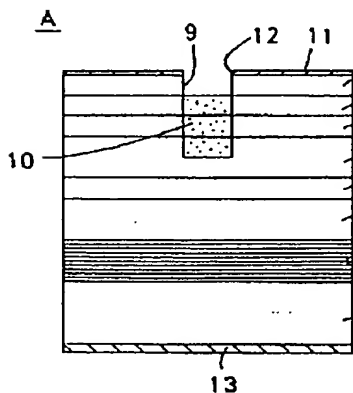
【図 16】直接結合方式及びレンズ結合方式の光ファイバモジュールにおける結合効率の理論限界値を示す図である。

10 【図 17】(a) は光ファイバ型センサの構成を示す概略図、(b) は対象物の距離による受光出力の変化を示す図である。

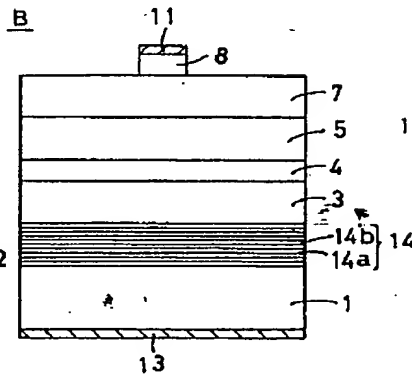
【符号の説明】

- 1 GaAs 基板
- 3 下クラッド層
- 4 活性層
- 5 第 1 上クラッド層
- 7 第 2 上クラッド層
- 8 キャップ層
- 11 p 側電極
- 13 n 側電極
- 14 多層反射膜層
- 14 a, 14 b 半導体膜層

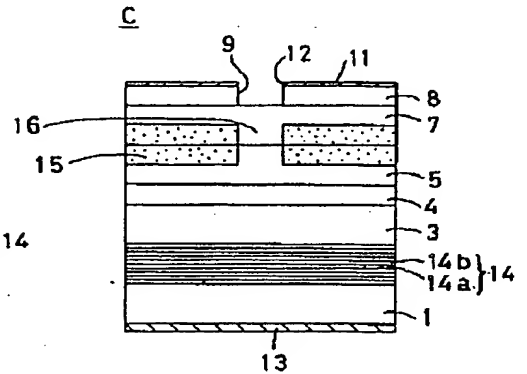
【図 1】



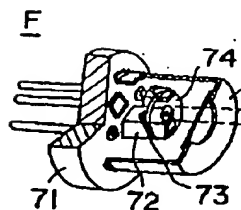
【図 2】



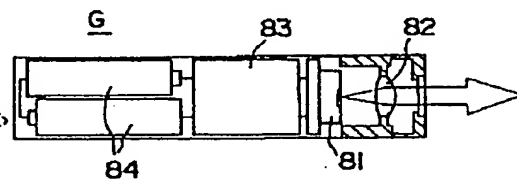
【図 5】



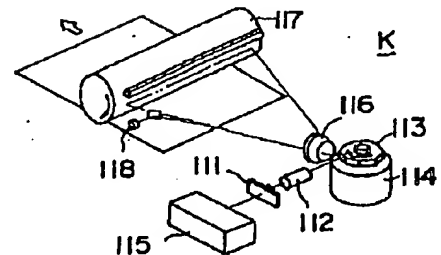
【図 8】



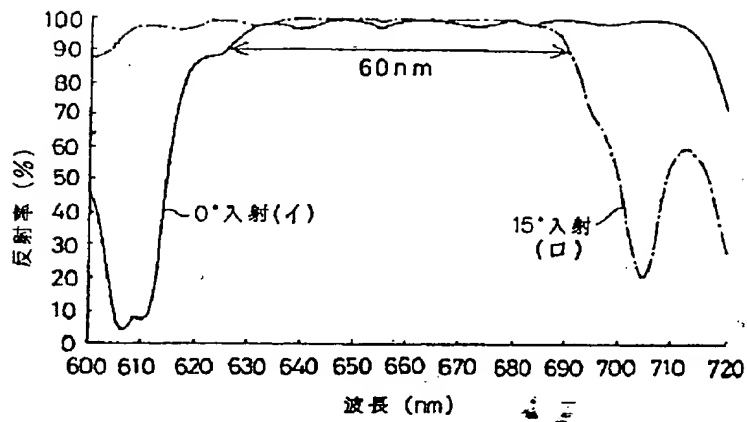
【図 9】



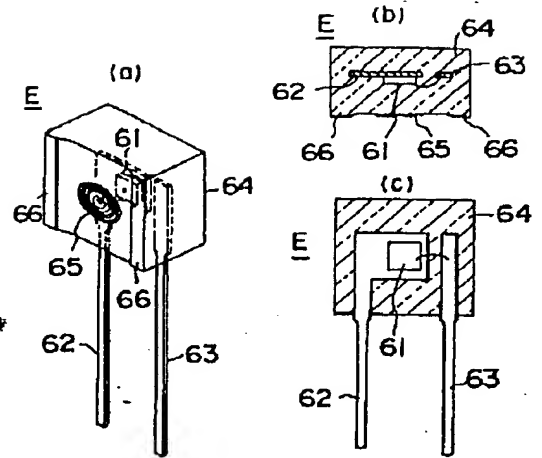
【図 13】



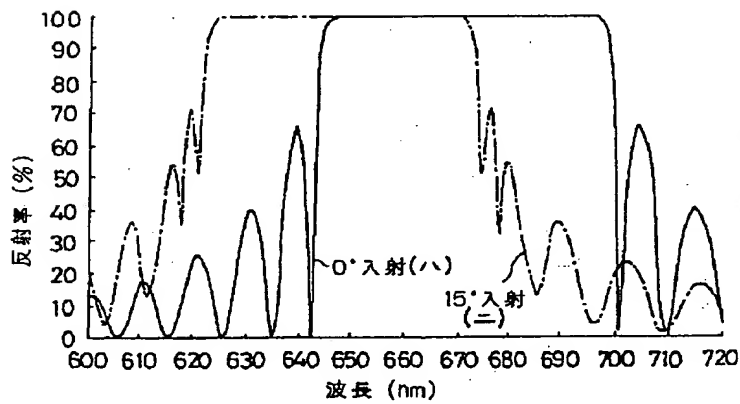
【図 3】



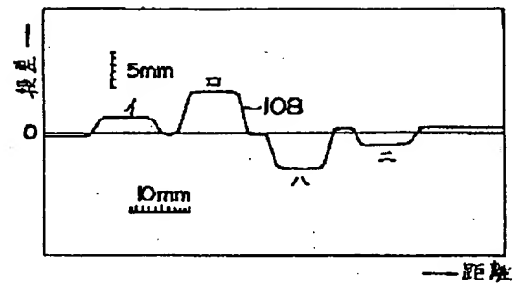
【図 7】



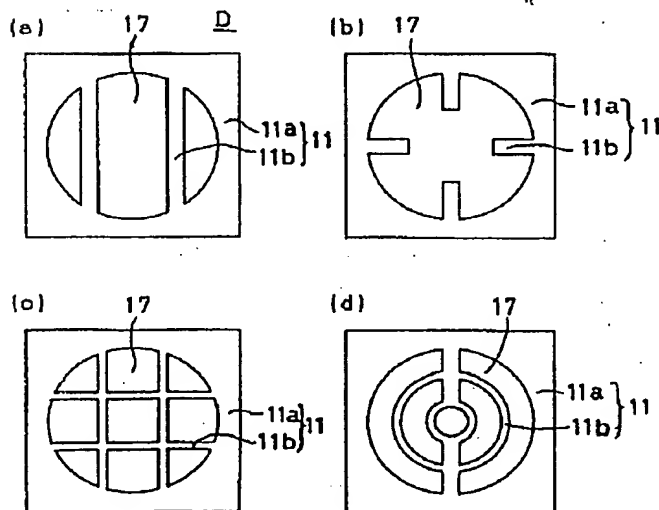
【図 4】



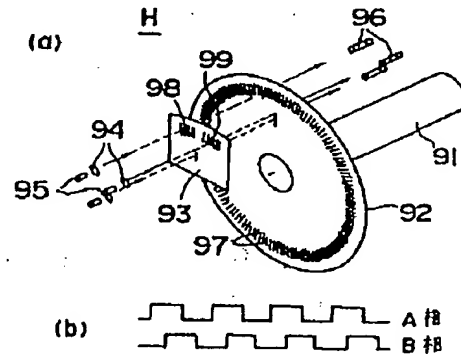
【図 12】



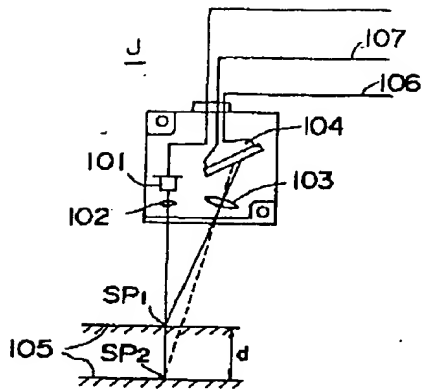
【図 6】



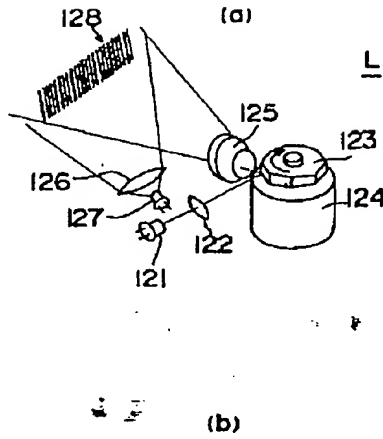
【図 10】



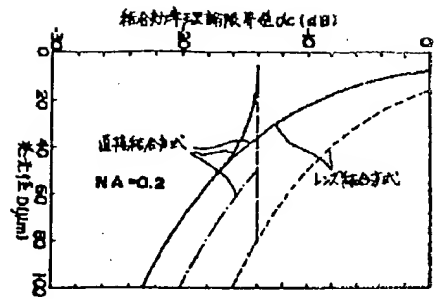
【図 11】



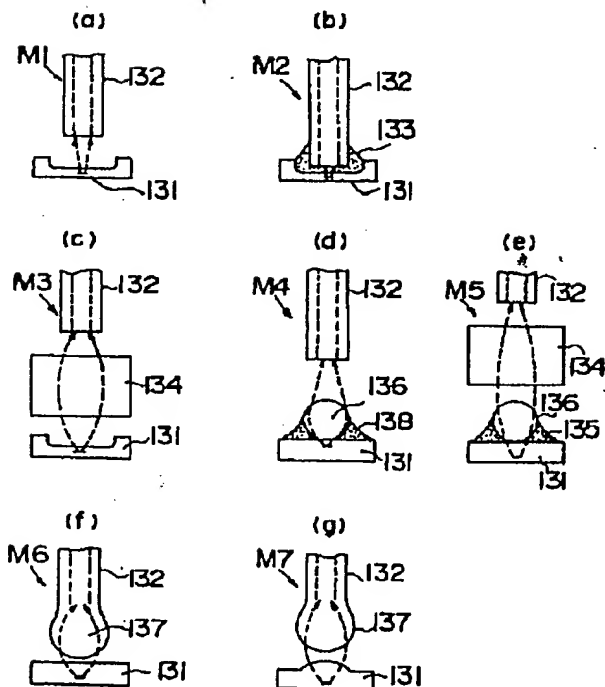
【図 14】



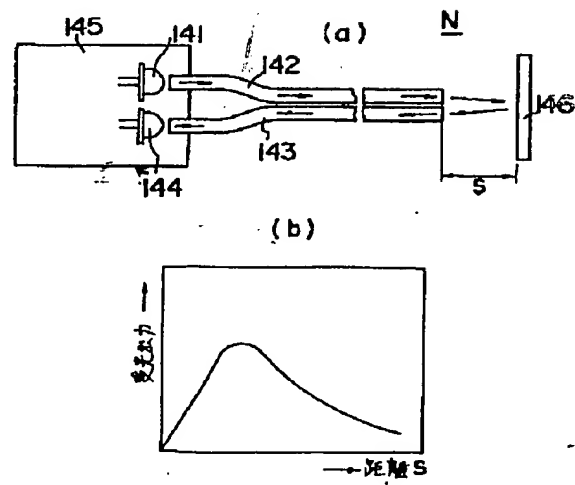
【図 16】



【図 15】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 清本 浩伸
京都府京都市右京区花園土堂町10番地
オムロン株式会社内